

Partial English translation

Kesaaki KITAZAWA

"Electrophotography" vol. 33 No.1 page 57-65 (1994)

Technical Requirement and Improvement of Rubber Roller for Heating-roll Fixing System

Page 63

4.4.2 Achievement of high durability

To achievement of high durability of a back-up roll for middle/high speed machine, using SiFT roll (Trade name, Silicone Rubber & Fluoride Resin Tube Roll, manufactured by Nitto Kogyo Corporation), a silicone rubber roll covered with a thin-walled fluororesin tube, is becoming common. Here, structures, features and durability performances of SiFT roll are described. The structures of SiFT roll are shown in Fig. 6.

The characteristics of the fluororesin tube used for the subject roll are shown in Table 11.

Table 11 The characteristics of a fluororesin tube for SiFT roll

Materials	PFA(perfluoroalkoxy resin)		
Continuous working temperature (°C)	260		
Contact angle (degree) Remark 1)	114 to 115		
Thickness(μm)	50	70	110
Strength(kgf) Remark 2)	1.5	2.4	3.1
Elongation (%)	240	280	300
Surface roughness level(μm)	Ra=0.3 R max=2.4		
Inner surface treatment method	Sodium-naphthalene method or Sodium-liquid ammonia method		

Remark 1) contact angle against to the water

Remark 2) breaking strength on width of 10 mm

解 説

定着用ゴムロールの要求特性と技術改良ポイント

北沢 今朝昭*

(1994.3.4 受理)

Technical Requirement and Improvement of Rubber Roller for Heating-roll Fixing System

Kesaaki KITAZAWA*

1. はじめに

電子写真方式を用いた複写機やレーザープリンタにおける定着プロセスは、感光体から記録紙に静電転写された不安定なトナー像を永久的に固定させ、画像としての品位を最終的に決定する重要な役割をするものである。

現在用いられている定着方式は、熱、圧力、溶剤を利用する方式に大別され、特に熱と圧力を利用したヒートロール定着方式が主流となっている。その理由は、熱効率が高く、安全性に優れ、さらに低速から高速領域まで安定した定着性が得られるためである。ここでは、ヒートロール定着装置の性能に重大な影響を及ぼす定着用ゴムロールの要求特性と技術改良ポイントについて述べる。

2. ヒートロール定着

2.1 ヒートロール定着器の基本構成

ヒートロール定着器は Fig. 1 のような構成で上側のヒートロールは芯金にフッ素樹脂やシリコンゴムなどからなる薄膜離型層を被覆し内側からハロゲンランプのヒータで熱する形になっている。下側のバックアップロールは、芯金にシリコンゴムなどからなる厚肉弾性層を被覆しバネなどで上側のヒートロールに押しつけニップを形成している。定着温度の制御は、ヒートロール上部に設けたサーミスタなどのセンサーにより行う。これらの基本構成の他、紙のヒートロールへの巻き付きを防止する分離爪や離型剤を塗布する機構を設けることもある。

ヒートロール定着方式における定着は、紙とトナーが

ニップ間を通過する過程で次のプロセスをふんでいる。

- ① トナー粒子が溶融し合体する。
- ② 合体したトナーが用紙を濡らす。
- ③ 用紙繊維の空間に流入浸透する。
- ④ 冷却され凝固して接着する。

ヒートロール定着のポイントは、定着温度、接触加熱時間、定着圧力の3つで、これらの因子と定着装置、トナー材料の特性との関係は Table 1 のようになっている。

2.2 定着用ロールの要求特性

ヒートロール定着器に用いられるヒートロールおよびバックアップロールに要求される性能を Table 2 に示す。

ヒートロール表面は、溶融したトナーが付着するオフセット現象を防ぐ対策が必要である。トナーオフセットは Fig. 2 に示すように、低温域では熱がトナーと紙の間

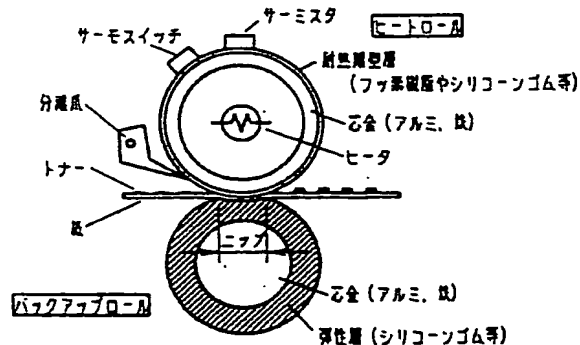


Fig. 1 ヒートロール定着器の構成。

Table 1 定着性に関する因子。

定着条件	定着装置	トナー材料
定着温度	表面設定温度	軟化点、溶融粘度
加熱時間	ニップ幅/用紙速度	比熱、熱伝導率
定着圧力	ロール間荷重	粘弾性特性

* 日東工業株式会社 技術開発室
〒410 静岡県沼津市西沢田字西瓦 211 番地
Nitto Industrial Co., Research and Development Center
Nishihara, Aza Nishisawada, Numazu-shi, Shizuoka
211 JAPAN

Table 2 定着用ロールに要求される性能。

種類	要求性能	特性
ヒート ロール	1) 表面がフラットで、キズ、異物がないこと (フルカラー用だけは表面が鏡面であることが必要)	画質
	2) 外形状、フレ等の寸法精度が良いこと	延びわ
	3) 耐熱性が良いこと	ライフ
	4) トナーとの離型性が良いこと	オフセット
	5) 紙及びバックアップロールとの帯電が少ないこと	オフセット
	6) 樹脂層が薄いこと	定着性
	7) 熱伝導率が良いこと	定着性
	8) 傷がつきにくいこと	ライフ
	9) 摩耗しにくいこと	ライフ
	10) 芯金との接着性が良いこと	ライフ
バック アップ ロール	1) 表面がフラットで、キズ、異物がないこと	画質
	2) 外形状、フレ等の寸法精度が良いこと	延びわ
	3) 十分にニップのとれるゴム硬度及び厚みがあること	定着性
	4) 耐熱性が良いこと	ライフ
	5) トナーとの離型性が良いこと	オフセット
	6) 圧縮永久歪性、復元性が良いこと	定着性
	7) 傷がつきにくいこと	ライフ
	8) 形状変化が少ないこと (摩耗やシュリンクがすくないこと)	延びわ
	9) 芯金との接着性が良いこと	ライフ

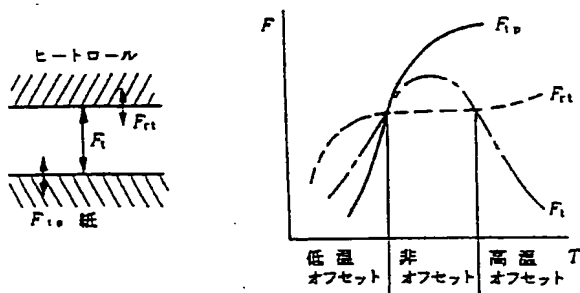


Fig. 2 オフセット現象の説明図。

に十分伝達せず、ヒートロールとトナー間の付着力 (F_{rt}) がトナーと紙間の付着力 (F_{tp}) より大きくなっている。一方、高温域では溶融したトナーの粘性が下がり F_{tp} および F_{rt} がトナー間の凝集力 F_t よりも大きくなるためトナーオフセットが生ずる。トナーオフセットを防ぐためには、 $F_{rt} < F_t < F_{tp}$ となる関係を保持させる必要がある。

トナーオフセットの防止法としては次に示すものがある。

- ① トナー温度特性の改良 (トナーの分子量分布を広げる事により温度上昇によるトナー凝集力 (F_t) の低下を少なくする。)
- ② トナーとヒートロールの離型性を増大させる (F_{rt} を増加させない。)
- ③ ヒートロール離型特性の経時変化を少なくする (トナーにオフセット防止剤を添加したり、ヒートロール表面にシリコンオイルなどの離型剤を塗布する。)

(58)

ヒートロールの表面材料としては、シリコンゴムなどの柔らかい材料を用いたソフトタイプとフッ素樹脂などの硬い材料を用いたハードタイプがあり、高画質という点ではソフトタイプが良く、耐久性の点ではハードタイプが優れておりヒートロールの要求特性により使い分けられている。

次にバックアップロールは、用紙とヒートロールとの間にニップ幅とニップ圧力を与えると同時に用紙を搬送する役目をする。従ってバックアップロールは弾性層を有するソフトロールであり、その材料としては耐熱性、離型性、圧縮復元性の良さから主にシリコンゴムが使用されている。

3. 定着用ロールに用いるゴム材料の種類と特徴

3.1 ヒートロール用ゴム材料

ヒートロール用ゴム材料としては、次に示すような特性が必要とされる。

- ① 耐熱性 (常時使用温度: $180 \sim 200^\circ\text{C}$, 最高使用温度: $220 \sim 230^\circ\text{C}$)
- ② 耐油性 (離型剤としてコーティングされるシリコンオイルによる劣化が少ない事)
- ③ 離型性 (溶融トナーが付着しにくい事)
- ④ 耐摩耗性 (紙、分離爪、サーミスタによる摩耗が少ない事)
- ⑤ 高熱伝導率 (ロール表面の温度リップルを少なくする事およびロール表面と芯金界面の温度差を少なくしてゴムの熱劣化を防止する事が目的)
- ⑥ 研磨性 (外径を高精度に仕上げるために研磨加工がしやすい事)

以上の条件を満たすゴム材料として現在使用されているものは、シリコンゴムとフッ素ゴムである。Table 3 に代表的なヒートロール用シリコンゴムとフッ素ゴムの性質を示す。この表からも明らかなように、シリコンゴムとフッ素ゴムの性質の違いで顕著な事項としては、

- ① 離型性はシリコンゴムの方が優れている。
- ② シリコンオイルに対する耐油性はフッ素ゴムの方が優れている。
- ③ ゴム物性はフッ素ゴムの方が良い事からヒートロールの耐キズ、耐摩耗性はフッ素ゴムの方が優れている。

3.2 バックアップロール用ゴム材料

バックアップロール用ゴム材料としては、次に示すような特性が必要とされる。

- ① 耐クリープ性 (加熱放置でのニップ部における歪が少ない事)

Table 3 ヒートロール用フッ素ゴムとシリコンゴムの性質。

ポリマー	フッ素ゴム ビニルフルオライド/フッ素 70/30に酢酸ビニルを20%添加	シリコンゴム メチルシリコンゴム
フィラー	カーボン	微粉末シリカ
比重	1.93	1.47
比熱 (cal/g・°C)	0.43	0.32
熱伝導率 (cal/cm・sec・°C)	4.6×10^{-4}	1.0×10^{-4}
線膨張係数	1.2×10^{-4}	2.5×10^{-4}
硬度 (JIS A)	75	60
引張強さ (kgf/cm ²)	185	57
伸び (%)	300	240
引張強さ (kgf/cm)	25	13
100%引張応力 (kgf/cm ²)	46	37
圧縮永久歪 (%) 注1)	35	7
反発弾性 (%)	10	75
耐摩耗性 (mg/1,000回) 注2)	230	990
耐熱性 常時使用温度 (°C)	220	200
最高使用温度 (°C)	260	230
耐シリコンオイル性 (%) 注3)	1以内	7.5
離型性 (オイルレス) 注4)	x	△-○

注1) 180°C×22時間、25%圧縮

注2) テーパー摩耗試験機 H-22.1, 000回 (1kg荷重)

注3) ジメチルシリコンオイル 100cs 180°C×24時間後の重量変化率

注4) 油性マジックを付着させた後、セロテープにて剥離させる。

Table 4 バックアップロール用シリコンゴムの性質。

ポリマー	ゴム単体用 メチルシリコンゴム	フッ素樹脂被覆用 メチルシリコンゴム
フィラー	微粉末シリカ 準補強フィラー	微粉末シリカ 準補強フィラー
離型オイル (メチルシリコンオイル)	5~15%充填	なし
比重	1.09	1.18
硬度 (JIS A)	25	25
引張強さ (kgf/cm ²)	26	28
伸び (%)	230	290
引張強さ (kgf/cm) 注1)	7	8
圧縮永久歪 (%)	5	7
耐熱性 常時使用温度 (°C)	180	180
最高使用温度 (°C)	200	200
離型性 (オイルレス)	◎	△-×

注1) 180°C/22時間、25%圧縮

② ゴム硬度安定性 (初期の硬度を維持できる事)

③ 耐熱性 (常時使用温度 180°C, 最高使用温度 200°C)

④ 離型性 (ゴム単体ロールとして用いる場合のみ必要)

⑤ 耐油性 (ゴム単体ロールとして用いられ、低粘度シリコンオイルを使用する場合のみ必要)

⑥ 研磨性 (外径を高精度に仕上げるために研磨加工がしやすい事)

以上の条件を満たすゴム材料として現在使用されているものは、主にシリコンゴムである。Table 4 に代表的なバックアップロール用シリコンゴムの性質を示す。バックアップロール用シリコンゴムの性質は、ゴム単体で使用するかまたは、ゴム表面にフッ素系樹脂を被覆して使用するのかによりかなり異なったものになる。

4. 定着用ゴムロールの種類と特徴および技術改良ポイント

4.1 ヒートロール用ゴムロールの種類と特徴

ヒートロール用ゴムロールの種類と特徴を Table 5 に示す。現在ヒートロールとしては、前項でも述べたようにフッ素樹脂を用いたハードタイプとゴムを用いたソフトタイプの2種類が用いられているが、現在実用化されているヒートロールとしてはその9割以上がハードタイプである。理由はハードタイプはオイルレス化が可能である事、耐キズ、耐摩耗性がソフトタイプと比較して良い事からライフが長いなどの点があげられる。一方ソフトタイプを用いている理由は、これらのデメリットはあるものの画質がハードタイプと比較して良い事、フルカラートナーに対するオフセット性が格段に良い事 (ヒートロール最外層がゴムであるものに離型オイルをコートした場合) などである。

Table 5 ヒートロール用ゴムロールの種類と特徴。

	タイプ	構造	特 徴
モノクロ用	Siゴム (シリコン)	Siゴム (0.3~1mm) // 〇	芯金にシリコンゴムを被覆。オイルコート必要 離型性◎、耐キズ性△、オイル耐性△、画質◎、ライフ50~100K
	Fゴム (フッ素)	Fゴム (0.3~1mm) // 〇	芯金にフッ素ゴムを被覆。オイルコート必要 離型性◎、耐キズ性◎、オイル耐性◎、画質◎、ライフ100~200K
	Siゴム + F樹脂	F樹脂 (30~50μm) Siゴム (0.3~1mm) // 〇	芯金にシリコンゴムを被覆した上に薄層フッ素樹脂を被覆 離型性◎、耐キズ性◎、オイル耐性◎、画質△、ライフ100~200K
フルカラー用	Siゴム (シリコン)	Siゴム (0.3~3mm) // 〇	芯金にシリコンゴムを被覆 (後面)。オイルコート必要 離型性◎、耐キズ性△、オイル耐性△、画質◎、ライフ10~30K
	Siゴム + Fゴム	Fゴム (50~200μm) Siゴム (0.3~3mm) // 〇	芯金にSiゴムを被覆した上に薄層フッ素ゴム (後面) を被覆。オイルコート必要 離型性◎、耐キズ性◎、オイル耐性◎、画質◎、ライフ50~100K
	Siゴム + Fゴム	Siゴム (50~200μm) Fゴム (10~50μm) Siゴム (0.3~3mm) // 〇	芯金にSiゴム、フッ素ゴム (オイルバリヤー層)、Siゴム (後面) の順に被覆 オイルコート必要
	Siゴム	Siゴム (0.3~3mm) // 〇	離型性◎、耐キズ性△、オイル耐性◎、画質◎、ライフ30~50K

4.2 ヒートロール用ゴムロールの技術改良ポイント
ヒートロール用ゴムロールの技術改良ポイントは、1) 高画質化、2) 熱応答性の改良、3) 高耐久化の3点である。これら3点を総合的に満足させるようなロールの開発が望まれている。

次にこれらの技術ポイントについてもう少し詳しく説明する。

4.2.1 高画質化

ゴム弾性体を被覆したソフトロールと薄膜フッ素樹脂をコーティングしたハードロールとで画質が異なる理由について Fig. 3 を用いて説明する。

ソフトロールではロール表面が変形するためにトナー全体に応力が及ぶのでトナーの拡大が少なく細線再現性が良い。

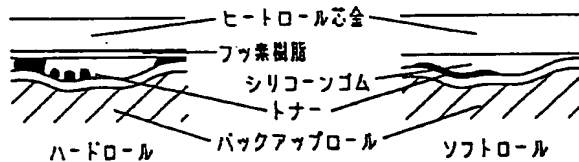
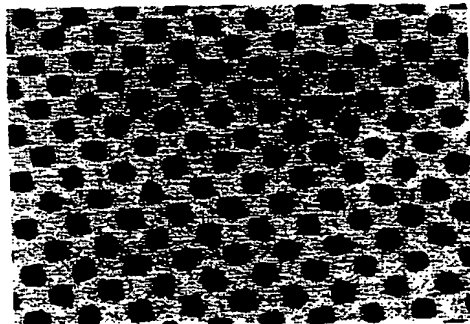


Fig. 3 ヒートロールの表面状態による画質への影響。

が良いとともに均一なグロスが得られる。一方ハードロールではロール面の変形がないために用紙繊維配列の凸部での集中荷重の影響や凹部へのトナーの落込みなどによりトナーの拡大がソフトロールよりも大きく細線再現性が悪くなると同時にグロスむらが発生する。このようにソフトロールのほうが画質が良い事は写真1に示したような網点画像で特に明確になる。またソフトロール表面に薄膜のフッ素樹脂を被覆したタイプのソフトロールでは無被覆のソフトロールとハードロールの中間の画質が得られる。

次にソフトロールのゴム層の厚みを変化させてグロスの均一性を調べた試験の結果、50 μm 程度ではほとんどハードロールに近いグロスむらがあり、300 μm 程度まで厚くするとグロスむらが消える事が判明した。この事によりソフトロールの効果は、ゴム層が300 μm 以上ないと明確にならないと考えられる。

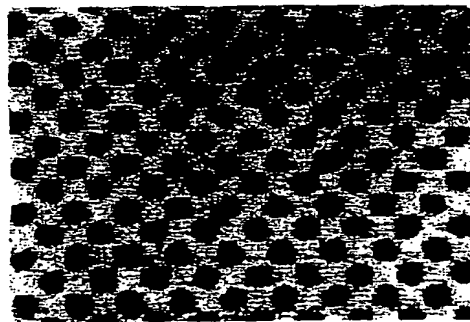
フルカラートナーにおけるソフトロールとハードロールの画質の差はモノクロトナーより明確であり、フッ素樹脂を用いたハードロールではいくら離型オイルをコートしてもトナーがオフセットしてしまい良好な画像が得られないのに対し、シリコンゴムソフトロールでは、離型オイルをコートした場合にはハードロールのような



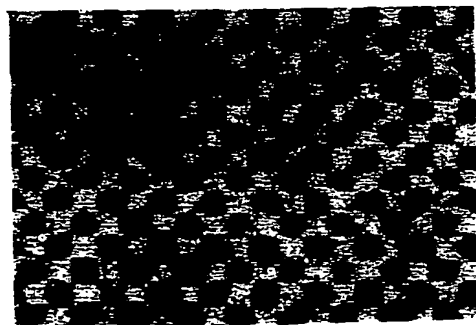
(a) 現像像



(b) 転写像



(c) 定着像 (ソフト・ロール)



(d) 定着像 (ハード・ロール)

写真1 網点画像・転写・定着像。

ひどいオフセットは発生せず良好な画像が得られる。またゴム弾性体の表面にフッ素樹脂薄膜を被覆したものは、離型オイルをコートしてもオフセットが発生してしまう事から、フルカラートナーのオフセット現象は、ハードかソフトかといった問題だけではなく表面材料の接着エネルギー（固体に接する液体の離れやすさを示す）や臨界表面張力（固体表面の濡れやすさを示す）といった表面特性の差も原因と考えられる。

4.2.2 熱応答性の改良

ゴム層の厚みが厚いほど、また熱伝導率が悪いほどロールの熱応答性（ロール表面より熱が通紙などにより奪われた時のロール表面温度の回復の速さ）は悪くなる。ヒートロールにおいて熱応答性が悪いことに起因する問題点としては、次に示すような事がある。

- ①オフセットの発生（ウォームアップ直後のオーバーシュートによる高温オフセットや連続通紙時のロール表面温度低下による低温オフセット）
- ②定着率の低下（トナー層への熱移動が悪くなる事からトナー層の昇温が遅れる。）
- ③ウォームアップ時間が長くなる。
- ④ロールの耐久性が悪くなる（芯金とゴム表面の温度勾配が大きくなり芯金とゴムの界面温度が上昇し、ロールの寿命が短くなる。）

これらの問題を対策する方法としては、①硬度の低いゴム材料を用いてゴム層を薄くする。②ゴム中に高熱伝導フィラー（アルミナやシリカなど）を充填して熱伝導率を大きくする事が考えられるが、この対策はゴム硬度の点から見ると相反する事項（高熱伝導フィラーを充填すると硬度が上昇する）になるのでバランスを考えて対

Table 6 熱伝導率の違いによるロール温度特性試験結果

・試験条件

ロール外径：φ30

ゴム層
材質：シリコンゴム
厚み：1mm
熱伝導率(cal/cm・sec・℃)
Aタイプ：0.6×10⁻³
Bタイプ：2.5×10⁻³

芯金
材質：A5056
厚み：2mm

ヒータW数：900W

設定温度：200℃

・試験結果

項目	Aタイプ	Bタイプ
ウォームアップ時間(sec)	115	100
オーバーシ	258	240
ユート(℃)	298	256
安定時温度リップル(℃)	20	10
安定時ロール表面と芯金界面の温度差(℃)	30	15

応する事が必要となる。Table 6 に熱伝導率が異なるシリコンゴムを用いて製造したヒートロールの性能試験結果を示す。

Table 6 に示した B タイプのような高熱伝導シリコンゴムは高熱伝導フィラーの高充填のためにトナー離型性がかなり低下している事からヒートロール用表面材料として単体で用いることはできる限り避け、その表面に他の離型性の良いゴムまたはフッ素樹脂を被覆して用いたほうが良い。

4.2.3 高耐久化

ヒートロール用ゴムロールの要求されている耐久寿命はモノクロで 20 万枚、フルカラーで 10 万枚以上であるが表面にゴム弾性体を用いた高画質タイプのヒートロールでこの耐久寿命を完全にクリアしているものは非常に少ない。耐久寿命がもたない理由としては、次のような事があげられる。

- ①ロール表面ゴムのキズ、摩耗による離型性の低下
- ②ロール表面ゴムの熱や離型オイル、トナーによる劣化
- ③基材ゴムの離型オイルによる膨潤
- ④基材ゴムの熱による劣化

これら①～④の対策をまとめて実施すると Fig. 4 のようなロールとなる。

芯金の表面に基材ゴムとして熱伝導率が 1.5×10^{-3} cal/cm・sec・℃以上で硬度ができるだけ低い耐熱性ゴムを用い、その表面に離型オイルの浸透を防止できる材質からなる高強度高離型表面層を設ける。基材としてはシリコンゴム、表面層としてはフッ素ゴムを用いるのが表現性が最も高いと考えられるが、問題は表面層のフッ素ゴムの離型をいかに確保するかである。最近のフルカラーヒートロール用ゴムロールでは、この表面層のフッ素ゴムの離型を確保する事を目的として、フッ素ゴムと非常に親和性の強い離型オイルを用いる事によりフッ素ゴム表面に離型オイルの強固な吸着層を形成し、ゴム表面を界面化学的に高離型に変えてしまうような手段も用いられている。

4.3 バックアップロールの種類と特徴

バックアップロールの種類と特徴を Table 7 に示す。

バックアップロールはフルカラー用もモノクロ用もほぼ同様なものが用いられている。ライフおよびコストの関係から低速機はゴム単体タイプが多く、高速機になる

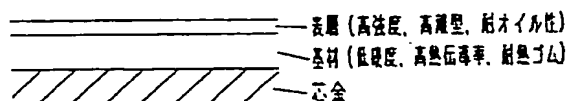
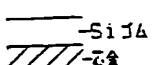
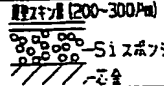
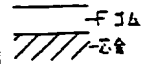
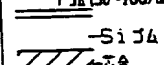
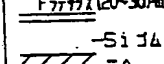
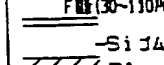
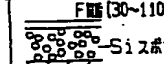


Fig. 4 高耐久ヒートロール用ゴムロールの概念図。

Table 7 バックアップロールの種類と特徴.

タイプ	構造	特 徴
Siゴム		高弾性シリコンゴムを用いた最もシンプルな構造のロールで主に低速機に用いられる。 耐油性O, 耐摩耗性Δ, 耐クリープ性O, 形状変化Δ, ライフ50~100K
Siゴム スポンジ		高弾性スポンジ層を有するシリコンゴムスポンジロール。低硬度、低熱容量が特徴で、主に低速機に用いられる。 耐油性O, 耐摩耗性Δ, 耐クリープ性O, 形状変化Δ, ライフ50~100K
Fゴム (フッ素)		低粘度潤滑オイルを十分に塗布して用いるタイプのロールで高耐久を要求される高速機に用いられる。 耐油性Δ, 耐摩耗性O, 耐クリープ性Δ, 形状変化O, ライフ200~500K
Siゴム +Fゴム		Fゴム単体ロールの耐クリープ性を改良したタイプのロールで主にフルカラー機に用いられる。 耐油性Δ, 耐摩耗性O, 耐クリープ性O, 形状変化O, ライフ100~200K
Siゴム+ フッ素樹脂 (フッ素樹脂塗布)		シリコンゴム表面にフッ素樹脂を分散させたフッ素ゴムラテックスをコーティングしたロール。表面にフッ素樹脂の薄層が形成されている。 耐油性O, 耐摩耗性O, 耐クリープ性O, 形状変化O, ライフ100~200K
Siゴム +F樹脂		シリコンゴム表面にフッ素樹脂 (PFAチューブ) を被覆したロールで主に中高速機に用いられる。 耐油性O, 耐摩耗性O, 耐クリープ性O, 形状変化O, ライフ200~1,000K
Siゴム+ F樹脂 + スポンジ		シリコンゴムスポンジの表面にフッ素樹脂 (PFAチューブ) を被覆したロールで主に中高速機に用いられる。 耐油性O, 耐摩耗性O, 耐クリープ性O, 形状変化O, ライフ100~300K

につれて高ライフのフッ素樹脂チューブを被覆した複合タイプのロールが用いられている。

4.4 バックアップロールの技術改良ポイント

バックアップロールの技術改良ポイントは、①低硬度化 (低速機)、②高耐久化 (高速機) の2点である。次にこれらの要点について説明する。

4.4.1 低硬度化

低速機を中心として装置の小型化が急速に進められている事からそこに使用されるバックアップロールも小径化が求められている。最近の例では10枚/分(A4T)以下の機種ではバックアップロールの外径は20mm以下のものが一般的になっている。このような小径化に対応するため (小径でも一定のニップ幅を確保する) にシリコンゴム材料の低硬度化の検討が進められた結果ソリッドタイプでは15品 (JIS A), 又スポンジタイプでは25品 (ASKER C) まで実用化が可能な材料が開発され製品化されている。Table 8 にシリコンゴムソリッドタイプ15品の特性表を示したが、低硬度でもバックアップロールに必要な諸特性を満足しているだけでなく、小型機で特に発生しやすいとされるバックアップロールから出る低分子シロキサンが原因となる帯電チャージャーの汚染による白ヌケなどの画像トラブルを防止するためのオリゴマーカット対策も実施されている。(低分子シロキサン $D_3 \sim D_{20}$ 量は、オリゴマーカットを実施しないと通常5,000~7,000 ppm程度含まれるが、この濃度をほぼ

(62)

Table 8 低硬度シリコンゴムソリッドタイプの特性.

比重	1.00
硬度 (JIS A)	15
引張強さ (kgf/cm ²)	8
伸び (%)	270
圧縮永久歪 (%) 注1)	7
耐熱性 常時使用温度 (°C)	180
最高使用温度 (°C)	200
低分子シロキサン量 (ppm) 注2)	500以下

注1) 180°C/22時間、25%圧縮

注2) $D_3 \sim D_{20}$ 量の合計

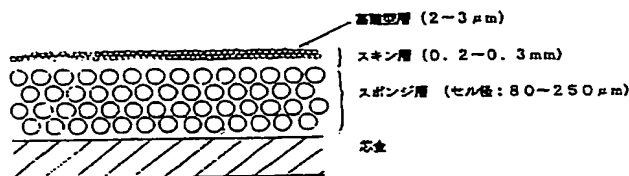


Fig. 5 SPロールの構造.

1/10以下に低下させている。)

次にシリコンスポンジを用いた小径、低硬度バックアップロールについてその特性を述べる。名称はSPロール [Smoothly Skin Silicone Porous Roll: 日東工業 (株) 商品名] と言い、その構造を Fig. 5 に示す。このロールの加工方法を簡単に説明すると、まずミラブルタイプのシリコンスポンジ材料を押出し機にて芯金に巻き付けた後、高弾性シリコンパウダーをこの表面に均一

Table 9 SP ロールのスポンジ特性

硬度 (ASKER C)		25～45
引張強さ (kgf/cm ²)		4～7
伸び (%)		200～300
圧縮永久歪 (%) 注1)		10～15
発泡倍率 (%)		150～250
耐熱性	常時使用温度 (℃)	180
	最高使用温度 (℃)	200

注1) 180°C/22時間、50%圧縮

Table 10 SP ロールの実使用例

ヒートロール外径 (mm)	20
SP ロール外径 (mm)	17
硬度 (ASKER C)	35
線圧力 (kgf)	4.0
ニップ幅 (mm)	2~2.5
ライフ (k枚/A4T)	50~80

に付着させる、その後金型内で加硫発泡させ製品とする。製品は表面に滑らかなスキン層を有する低硬度スポンジロールで、次のような特徴がある。

- ①低硬度 (ASKER C 25~45品が可能)
- ②低熱容量 (同サイズのソリッド品の約半分程度)
- ③タックレス高離型表面

したがってSPローラを用いると小径でもロールのたわみを発生しない程度の圧力で定着に必要なニップ幅が得られると同時に低熱容量である事からウォームアップ時間も短縮でき、また表面が低硬度ソリッドシリコーンゴムと異なりタック性のない高離型層であるため紙粉、トナーの付着による汚れの発生も比較的少ない低速機用バックアップロールが得られる。SPロールのスポンジゴム特性および実使用例について Table 9, Table 10 に示す。

4.4.2 高耐久化

中高速機用バックアップロールの高耐久化については薄肉フッ素樹脂チューブを被覆したシリコーンゴムロール、名称 SiFT ロール [Silicone Rubber & Fluoride Resin Tube Roll: 日東工業(株)商品名] の使用が一般的になりつつあるがここでは、SiFT ロールの構造、特徴および耐久性能について述べる。Fig. 6 に SiFT ロールの構造を示す。

このロールに用いられるフッ素樹脂チューブの特性について Table 11 に示す。このように高離型・高強度・高耐熱性の PFA 薄肉チューブをシリコーンゴム (ソリッドまたはスポンジ) の表面に被覆接着させることでロールの柔軟性を犠牲にせず今までにない高ライフ (200~1,000 k枚/A4) およびメンテナンスフリーのバ

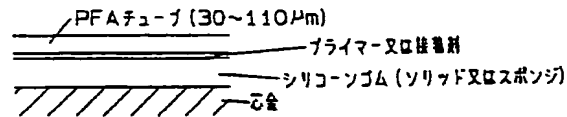


Fig. 6 SiFT ロールの構造

Table 11 SiFT ロール用フッ素樹脂チューブの特性

材質	PFA (A-7007A2000)		
連続使用温度 (°C)	260		
接触角 (度) 注1)	114~115		
厚さ (μm)	50	70	110
強度 (kgf) 注2)	1.5	2.4	3.1
伸び (%)	240	280	300
面粗度 (μm)	Ra=0.3, Rmax=2.4		
内面処理法	ナトリウム-ナトリウム法、又はナトリウム-液体フッ素法		

注1) 水に対する接触角

注2) 10mm幅における破断強度

ックアップロールを実現している。

次に SiFT ロールの加工方法について簡単に説明する。加工方法は大きく2種類になる。

- ①内面処理済 PFA チューブ内面にプライマー処理を行い、これを金型にセットし未加硫液状シリコーンゴムを注入後加熱硬化させて製造する……SiFT-I
- ②シリコーンゴムロール (ソリッドまたはスポンジ) をあらかじめ成型し、ゴム表面を研磨後接着剤を用いて内面処理済 PFA チューブを被覆接着させる

……………SiFT-II

SiFT-I も II も特性的には大きな差はないがロール精度 (外径形状、フレ、外径公差) に関しては、SiFT-II のほうが優れている。

次に SiFT ロールの耐久性について述べる。耐久性に影響を及ぼす因子としては次の3点が考えられる。

- ①PFA チューブとシリコーンゴムの接着耐久性 (PFA チューブの内面処理、プライマー、接着剤の熱劣化)
 - ②基材シリコーンゴムの熱劣化
 - ③PFA チューブの摩耗、しわの発生
- 始めに PFA チューブとシリコーンゴムの接着耐久性に最も影響を与える PFA チューブの内面処理方法について述べる。

PFA 表面は、そのままではシリコーンゴムと接着しないので表面処理が必要となる。化学的な方法として金属ナトリウム溶液を用いた脱フッ素化法が一般的に用いられており、処理を行うことにより水に対する接触角が約50度程度まで低下しシリコーンゴムとの接着が可能となる。この金属ナトリウム溶液を用いた表面処理には、

溶液の種類で次の2法がある。

①ナトリウム-ナフタレン法 (NN 法)

金属 Na をナフタレンのテトラヒドロフラン溶液に加えてできる錯体溶液を用いた常温下での処理

②ナトリウム-液体アンモニア法 (NA 法)

金属 Na を液体アンモニアと液化混合させた溶液を用いた-50~-70°Cの低温下での処理

NN 法と NA 法で処理した PFA チューブの耐熱接着性についての試験結果を Table 12 に示す。

Table 12 の結果から明らかなように、NN 法と NA 法は初期においてはその接着強度にほとんど差がないが、高温での接着性は NA 法は NN 法に比べて3倍以上の耐久性があると判断される。したがって SiFT ロールに用いる PFA チューブの内面処理方法としては、NA 法が望ましい。

次に SiFT ロールに用いる基材シリコンゴムの耐熱性についてであるが、高寿命を要求されるロールであることからゴム単体で用いるシリコンゴム材料よりもワンランク上の耐熱性が要求される。Table 13 に SiFT ロール基材用シリコンゴムの耐熱性データを示す。

最後に SiFT ロールの摩耗およびしわについて述べる。まず SiFT ロール表面の PFA チューブの摩耗につ

いては、実機耐久テスト(80枚/分 A4Y 機、オイル塗布量 0.01 mg/A4、ロール外径 50 mm、ゴム厚 6 mm、チューブ厚 110 μ m、ニップ幅 6.5 mm、1000 k 枚/A4Y 通紙)の結果、紙エッジがあたる部分のチューブで最大 25 μ m 程度の摩耗が確認された。またしわについては、このテストでは 1000 k 耐久後も全く発生していなかったが、別のテストでニップ幅をかなり大きくとった場合には意外に早く長手方向のしわが発生したケースもあったことから、SiFT ロールを用いる場合にはこの点に注意が必要と考えられる。

以上でヒートロール定着用ゴムロールの説明を終了する。最後にヒートロール定着を応用したベルト定着について若干の説明をしたいと思う。

5. フルカラー用ベルト新定着方式について

高離型シリコンゴムを被覆した金属ベルトを用いたフルカラー用新定着方式を開発したのでその概要を述べる。

5.1 名称: MELT [METAL-BELT: 日東工業(株) 商品名] 定着方式

5.2 構造

MELT 定着装置の構造は Fig. 7 に示すように3本のロールと1本のベルトで構成され、未定着原稿はヒートロール側から入りベルトの熱で予熱されながらプレッシャーロール1と2とベルトで形成するニップ部に突入し定着される。

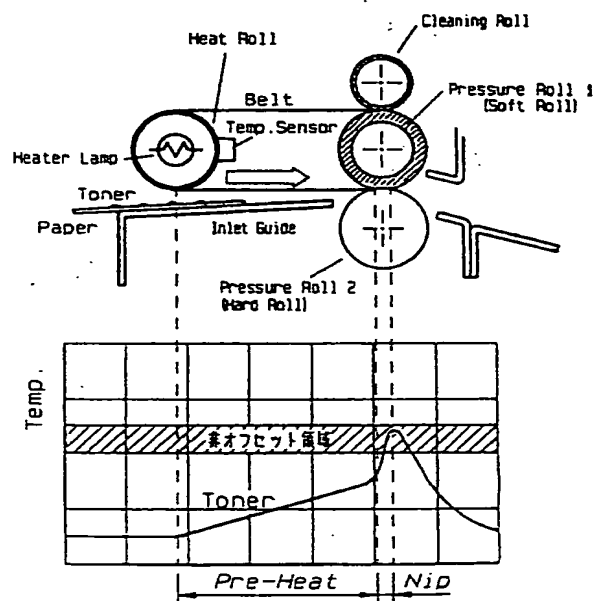


Fig. 7 MELT 定着方式の構造。

Table 12 PFA チューブの内面処理方法と耐熱接着性。

1. サンプルロール
加工条件

①使用チューブ: NN法及びNA法にて処理した50 μ m PFAチューブ
②ゴム基材: 2 θ 品粒状シリコンゴム
③加工方法: SiFT-1 (ロール加工後円周方向に10mm幅スリットを入れる。)

2. 試験条件

④N数: 各3
⑤温度: 230°Cでオープン
⑥測定条件: オープンから取り出し冷却後10mm幅円周スリット部分の接着強度をオートグラフで測定。N=3の平均接着強度を求めると同時に、剥離部分のチューブ露出面積の比率を計算する。

3. 結果

	時間 (hr)	初期	25	152	228	384	480	576	768	864	960	1056
NN法	接着強度 (kg/cm)	0.41	0.37	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
	チューブ露出 (%)	0	0	0	5	97	中止					
NA法	接着強度 (kg/cm)	0.44	0.35	0.37	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
	チューブ露出 (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 13 SiFT 用基材シリコンゴムの耐熱性。

初 期 作 性		230°C耐熱データ					300°C耐熱データ				
		24hr	50hr	100hr	150hr	200hr	30min	60min	90min	20min	
比重	1.18										
硬度 (JIS A)	22	20	20	20	20	19	19	21	21	22	
引張強度 (kg/cm ²)	25	25	25	25	25	23	22	17	20	20	
伸び (%)	290	290	280	280	290	290	260	210	210	210	
圧縮永久歪 (%) 注1)	7	5	5	4	4	4	5	5	5	6	

注1) 180°C/22時間、25%圧縮

5.3 フルカラー用ヒートロール定着方式の問題点

従来のロール定着方式はニップ部だけで紙とトナーを定着可能温度まで急速に立ち上げなければならないので、ある程度の定着速度を満足させるには定着ロールの外径を大きくしたり定着温度のかんりの高温化が必要となる。したがって、このような高温によるオフセットを防止するために多量の離型オイルの塗布が必要となるとともにこれらの熱および離型オイルの影響でヒートロール離型層の劣化が発生し、ロール耐久性もかなり低下する。

5.4 MELT 定着方式の特徴

- ①高画質……予熱効果によりニップ部温度を低く抑えられるためトナーの凝集力が必要以上に低下しないことからオイルレスまたは微量オイル塗布程度でもオフセットの発生がほとんどなく高品位な画像が得られる。
- ②高ライフ……離型オイルの多量塗布および高温下での使用といった定着ベルトを劣化させる要因が少ないことから耐久性がかなり向上する。
- ③ウォームアップ時間の短縮……使用しているベルトが極めて薄いことからウォームアップ時間がヒートロール定着に比べて短縮できる。
- ④小型化……ベルトの予熱効果を利用できることから、ヒートロール定着方式ほどはニップ幅を広くとる必要がないので、ロール径を小径にできること、複雑なオイル塗布、クリーニング機構を必要としないことから装置の小型化が図れる。

このように MELT 定着方式は、従来のヒートロール定着方式では実現できなかった特性を実現できる可能性をもった定着方式であり、今後実用化に向けてさらに改

良を進めていく予定である。

6. ま と め

ヒートロール定着用ゴムロールは、OA メーカー、材料メーカー、ロール加工メーカーの一体となった開発努力によりかなりの高性能を有するものが商品化されてきているが、まだまだ改良を必要とする課題も多いのが現状である。例えばフルカラーを中心とした高画質化に対応する高性能ロールの開発や軽量コンパクト化に対応する超低硬度スポンジロールの開発などがその例であるが、さらに一歩進んでヒートロール定着の応用として最近注目を集めている種々の新定着方式に使用されるゴム部品についてもその役割の重要性は少しも変わりがない。そういった意味で今後ますます多様化する定着用ゴム部品に対するニーズに対応するため我々ゴム部品メーカーの積極的な対応が望まれている。

参 考 文 献

- 1) 電子写真学会編「電子写真技術の基礎と応用」コロナ社(1988)。
- 2) 奥川、深瀬：電子写真の高画質からみた転写・定着電子写真学会誌第 26 巻 1 号(1987)。
- 3) 今 修二：ノンインパクトプリンティング技術資料集ソフト技術出版部(1988, 12)。
- 4) 特開平 4-230784。
- 5) 里川 孝臣著：よっ素樹脂ハンドブック日刊工業新聞社(1990)。
- 6) 伊藤 邦雄著：シリコンハンドブック日刊工業新聞社(1990)。



北沢 今朝昭

1976 年 3 月東京理科大学理工学部工業化学科卒。同年 4 月日東工業(株)技術開発室入社。1994 年 2 月現在同社技術開発室室長。